

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-131484

(43)Date of publication of application : 13.05.1994

(51)Int.Cl.

G06G 7/60

G06E 3/00

G06F 15/18

(21)Application number : 04-281598

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 20.10.1992

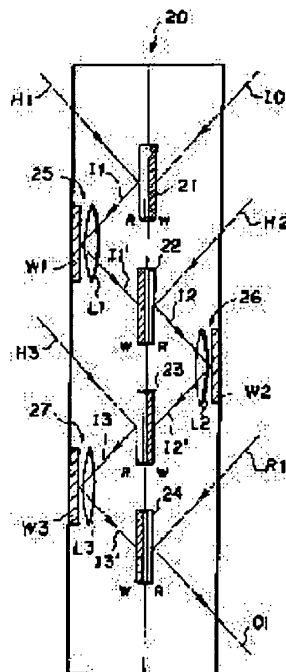
(72)Inventor : ONO SHUJI

## (54) OPTICAL INFORMATION PROCESSING CIRCUIT

(57)Abstract:

PURPOSE: To eliminate the need for many connections for a local coupling type, to reduce the size of a processing system, and to transmit a minus-number signal.

CONSTITUTION: Constituent units of an optical neural network as an optical information processing circuit consisting of LCLVs 21 as spatial optical modulating elements and weighting means 25 which weight information light are coupled. Input information light I0 is inputted from the side W of an LCLV21, which is irradiated with read/write light H1 from the side R to read the information light I0 out as information light I1; and the light is weighted by the weighting mask W1 of a weighting means 25 and the information light I1' weighted by the LCLV 22 is inputted through a lens L1. Similarly, this process is repeated to obtain a finally processed output O1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.02.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3121148

[Date of registration]

20.10.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-131484

(43)公開日 平成6年(1994)5月13日

(51)IntCl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 6 G 7/60				
G 0 6 E 3/00		7232-5B		
G 0 6 F 15/18		8945-5L		

審査請求 未請求 請求項の数15(全 14 頁)

(21)出願番号 特願平4-281598

(22)出願日 平成4年(1992)10月20日

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 小野 修司

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

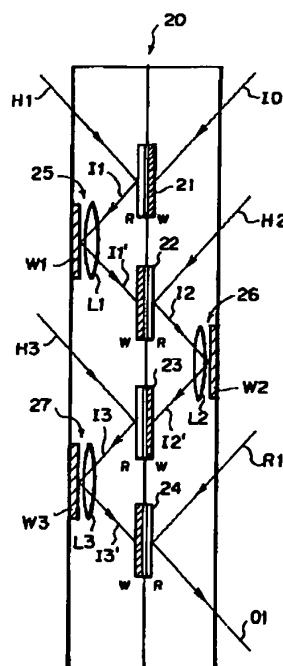
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 光学情報処理回路

(57)【要約】

【目的】 光学情報処理回路において、局所結合型で多量の結線を不要とし、かつ処理系を小型化し、負数の信号の伝達を行うこと可能にする。

【構成】 空間光変調素子であるLCLV21と情報光に重み付けをする重み付け手段25とからなる光学情報処理回路である光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合させる。入力情報光I0をLCLV21のW側より入力し、読出し/書込み光H1をR側より照射して情報光I0を情報光I1として読み出し、重み付け手段25の重みマスクW1で重み付けをしてレンズL1を介してLCLV22に重み付けされた情報光I1'を入力する。以下、この処理を繰り返し、最終的な処理がなされた出力O1を得る。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力された情報光に応じて、該情報光を変調して出力する空間光変調素子と、  
該空間光変調素子により変調して出力された前記情報光に重み付けをする重み付け手段とからなることを特徴とする光学情報処理回路の構成単位。

【請求項2】 前記空間光変調素子が、一方の面から入力された情報光に応じて、他の面から照射される読出し光を変調する空間光変調素子であることを特徴とする請求項1記載の光学情報処理回路の構成単位。

【請求項3】 前記空間光変調素子が、入力された情報光に応じて、変調された発光光を出力する空間光変調素子であることを特徴とする請求項1記載の光学情報処理回路の構成単位。

【請求項4】 前記重み付け手段が前記重みを切り換える切換手段を有することを特徴とする請求項1、2または3記載の光学情報処理回路の構成単位。

【請求項5】 前記重み付け出力手段が、異なる複数の光に対してそれぞれ異なる重み付けをする重み付け手段であることを特徴とする請求項1、2、3または4記載の光学情報処理回路の構成単位。

【請求項6】 複数の請求項1、2または3記載の前記光学情報処理回路の構成単位からなり、該複数の構成単位が、該複数の構成単位のうち1つの構成単位より出力された前記情報光を順次他の1つ以上の構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とする光学情報処理回路。

【請求項7】 入力された情報光に応じて、該情報光を変調して出力する第1の空間光変調素子と、  
請求項1、2、3、4または5記載の光学情報処理回路の構成単位における重み付け出力手段と、  
入力された情報光に応じて、該情報光を変調して出力する第2の空間光変調素子と、  
該第2の空間光変調素子により出力された前記情報光を前記第1の空間光変調素子に再度入力する情報光再入力手段とからなることを特徴とする光学情報処理回路の構成単位。

【請求項8】 少なくとも1つの請求項1、2、3、4または5記載の光学情報処理回路の構成単位と、少なくとも1つの請求項7記載の光学情報処理回路の構成単位とからなり、これらの構成単位がこれらの構成単位のうちの1つの構成単位より出力された情報光を順次他の1つ以上の構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とする光学情報処理回路。

【請求項9】 複数の請求項4記載の前記光学情報処理回路の構成単位からなり、該複数の構成単位が、該複数の構成単位のうち1つの構成単位より出力された情報光を順次他の1つの構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とする光学情報処理回路。

【請求項10】 所定の情報光を請求項9記載の光学情

2

報処理回路における前記空間光変調素子に入力し、該空間光変調素子より該入力された情報光を第1の情報光として出力し、

該出力された第1の情報光を前記重み付け手段により重み付けをして第1の重み付き情報光として出力し、  
該出力された第1の重み付き情報光を他の前記空間光変調素子に入力し、

その後、前記重み付け手段の重みを切り換え、かつ前記他の空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更し、  
10 前記出力された第1の情報光を前記重みが切り換えられた重み付け手段により重み付けをして第2の重み付き情報光として出力させ、

該出力された第2の重み付き情報光を前記入力特性が必要に応じて変更された前記他の空間光変調素子に入力することを特徴とする請求項9記載の光学情報処理回路の情報伝達方法。

【請求項11】 請求項1、2または3記載の前記光学情報処理回路の構成単位の2つの単位より出力された情報光が他の1つの単位の前記構成単位に入力されるように前記各構成単位を結合させたことを特徴とする光学情報処理回路。

【請求項12】 請求項11記載の前記光学情報処理回路における前記2つの単位の前記光学情報処理回路の構成単位のうち、第1の構成単位に所定の情報光を入力し、該情報光に重み付けをして第1の重み付き情報光として出力し、

該第1の重み付き情報光を前記他の1つの単位の構成単位に入力して該構成単位における前記空間光変調素子に入力し、

30 該入力後、前記他の1つの単位の構成単位における空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更し、  
前記2つの単位の光学情報処理回路の構成単位のうち、第2の構成単位に前記所定の情報光を入力し、該情報光に重み付けをして第2の重み付き情報光として出力し、  
該第2の重み付き情報光を前記入力特性が必要に応じて変更された前記空間光変調素子に入力することを特徴とする請求項11記載の光学情報処理回路の情報伝達方法。

【請求項13】 複数の請求項5記載の前記光学情報処理回路の構成単位からなり、該複数の構成単位が、該複数の構成単位のうち1つの構成単位より出力された情報光を順次他の1つの構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とする光学情報処理回路。

【請求項14】 所定の情報光を請求項13記載の光学情報処理回路における前記空間光変調素子に入力し、該空間光変調素子により変調された情報光を所定の光により出力させ、  
該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けして第1の重み付き情報光として出力し、

50 該出力された第1の重み付き情報光を他の空間光変調素子

子に入力し、  
その後、該他の空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更し、  
前記所定の情報光が入力された空間光変調素子より該所定の情報光を前記所定の光とは異なる光により出力させ、  
該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けて第2の重み付き情報光として出力し、  
該出力された第2の重み付き情報光を前記入力特性が必要に応じて変更された前記他の空間光変調素子に入力することを特徴とする請求項1記載の光学情報処理回路の情報伝達方法。

【請求項15】 所定の情報光を請求項1記載の光学情報処理回路における前記空間光変調素子に入力し、該空間光変調素子により変調された情報光を所定の光により出力させ、  
該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けて第1の重み付き情報光として出力し、  
同時に、前記所定の情報光が入力された空間光変調素子より該所定の情報光を前記所定の光とは異なる光により出力させ、  
該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けて第2の重み付き情報光として出力し、  
該出力された第1の重み付き情報光と第2の重み付き情報光とを、必要に応じて前記所定の光と前記所定の光とは異なる光とは異なる入力特性を有する他の空間光変調素子に同時に入力することを特徴とする請求項1記載の光学情報処理回路の情報伝達方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は情報処理回路、とくに詳細には情報を担う媒体として光を用いた光学情報処理回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】1960年代のレーザーの発明以降、光の並列伝播性や高速性を利用し大量の情報処理を実現する光情報処理、例えば、画像強調や画像照合の研究が盛んに行われてきた。

【0003】一方、近年、生物の優れた情報処理機能を模倣したニューロコンピュータの研究が盛んに行われている。この情報処理回路は、膨大な数のニューロンと呼ばれる素子間の結合状態に着目して、超並列情報処理を行うものである。ニューロコンピュータは、専用LSIや光学素子を用いてハードウェアとして実現が可能である。

【0004】光情報処理技術を利用したニューロコンピュータは、

(1) 光波は空間並列性を有しているので、本質的にニューロコンピュータとの整合性が良い。

【0005】(2) 多数のニューロン間の相互配線が容易

である。しかも実時間ホログラムや空間変調素子などを用いれば、膨大な数の素子間の可変配線が可能である。

【0006】(3) しかも光波は互いにクロストークを受けることなく伝播し、また伝送容量も大きい。

【0007】などの特徴を有している。光ニューロコンピュータの目標は、連想処理、パターン認識など現行のコンピュータが不得手とする問題を超高速、超並列に処理する知的コンピュータの実現にある。

【0008】このような光情報処理技術を利用した光ニューロコンピュータに関する基本的なモデルとして、図19に示すように、LED（発光ダイオード）やLD（レーザダイオード）等の発光素子アレイ90と、光学マスク91と受光素子アレイ92とからなるモデルが提案されている。発光素子アレイ90に入力されたベクトル情報Vは、この発光素子アレイ90から光強度として放射される。各発光素子からの出力（例えば $V_j$  ( $j=1, 2, \dots, N$ ))は図示しないレンズ系によって扇状ビームとなるように波面変換され、行列Tに対応する光学マスク91のj列成分のみを一樣に照射する。Tの(i, j)成分 $T_{ij}$ の大きさを光透過率として与えておくと、その出力強度は $T_{ij} \times V_j$ に比例するものとなる。次にこの光学マスク91からの出力光はレンズ系によって、すべてのi行成分が受光素子アレイ92の1つに集光される。したがって、i番目の受光素子アレイの出力 $U_i$ は、

【0009】

【数1】

$$V_i = \sum_{j=1}^N T_{ij} V_j \quad \dots (1)$$

【0010】となり、受光素子出力に行列ベクトル積が得られる。

【0011】このモデルにおける光学的手法を用いると、演算を極めて高速に並列に実行することができる。例えば、 $100 \times 100 = 10^4$  個の成分を有する行列を仮定して、発光素子を100MHzで駆動すると、1秒間に $10^2$ 回の演算がなされることに相当する。

【0012】また、別のモデルとしてホログラムを用いたモデルが提案されている。ホログラムは、コヒーレントな2光波間の干渉効果を利用して感光剤を露光し、その後定着することによって周期的に屈折率変化を作るものである。したがって1枚のホログラムの中に、複数の回折格子を形成しておくと、図20に示すようなモデルを形成することができる。このモデルにおいては、入力面93の任意の1点（ニューロンに相当する）から放射された光ビームを、出力面の95の任意の点に配線できる。ホログラム94の空間分解能は2000本/mm程度であるので、 $2\text{cm}^2$ のホログラム素子は原理的に $10^9$ 個以上の独立した回折格子を持つこととなる。このことは、ホログラムを利用したモデルは、 $10^4$ 個以上の入力と $10^4$ 個以上の出力点を自由に接続できる可能性を有することを意味している。

【0013】一方、光配線素子とともに、光しきい値素子も多数提案されている。例えば、100 オングストローム程度の極薄のGaAsとAlGaAs層を交互に積層したMQW（多重量子井戸）層と呼ばれる媒質の強い非線形光学効果を利用した素子が、提案されている。ここで、非線形光学効果とは入力光強度によって屈折率が変化する現象をいう。このMQW層を2枚の部分ミラーでサンドイッチ構造にして素子を形成することができる。

【0014】上述したモデルや光しきい値素子を利用した光情報処理技術を利用した光情報処理回路に関して様々な試みがなされている（太田、久間：光ニューロコンピュータ、テレビジョン学会誌 Vol.42, No9(1988)、pp 931～936、武田：光ニューロコンピューティング、情報処理Vol.29, No.9(1988)、pp984～992等）。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】上述したモデルにおける情報処理回路において、各ニューロン間の結合は1つのニューロンと次層の全てのニューロンとが結合する全結合であるため、ニューロン間を結合する結合線数が莫大なものとなる。例えば1000×1000画素の画像のためには、 $10^{12}$ もの結合線が必要となる。これは、前述した発光素子を用いたモデルあるいはホログラムを用いたモデルにおいてはボリュームホログラムのような大容量の結合方法を採用したとしても容易には実現できる値ではない。

【0016】また、情報処理回路においては、各ニューロン間の結合の重みは全て異なっており、これを光学的に実現するためには、各ニューロン毎に別々の結合重みを用意する必要がある。このために、上述したモデルにおける光学マスクやホログラム等のサイズに、回折現象から生じる制限が付き、この情報処理回路を用いた処理系が大型化するという問題がある。

【0017】さらに、一般的な光情報処理回路においては、伝達される信号はいわゆる正の数の信号のみでなく、負の数の信号も伝達されるものであるが、上述した光学情報処理回路のモデルは、正数の信号のみしか伝達することができず、処理できる情報が非常に限られたものとなっていた。

【0018】本発明は上記事情に鑑み、多量の結合線数を必要とせず、処理系を小型化し、かつ負の数の信号の伝達を行うことができる光学情報処理回路の構成単位、光学情報処理回路および光学情報処理回路の情報伝達方法を提供することを目的とするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の光学情報処理回路の構成単位は、入力された情報光（情報を有する光）に応じて、該情報光を変調して出力する空間光変調素子と、該空間光変調素子により変調して出力された前記情報光に重み付けをする重み付け手段とからなることを特徴とするものである。

【0020】ここで、空間光変調素子(Spatial Light Modulator, SLM)とは、1次元または2次元の情報（例えば画像）を光学的または電気的方法で入力すると、複素光透過率または反射率等の光学的特性が実時間で変化する、この素子に一樣に照射された別の光が入力情報に応じて変調される素子のことをいう（間多：オプトロニクス(1988)No.7, pp124～130）。この空間光変調素子としては、電気光学空間光変調素子、液晶空間光変調素子等の種類のものがある。電気光学空間光変調素子は電気光学結晶により光の変調を行い、発生される画像は偏光面回転画像または散乱画像となる。この電気光学空間光変調素子としては、DKDP、PLZT、BSO、マイクロチャンネルプレート、LCLV (Liquid Crystal Light Valve) 等が挙げられる。

【0021】また、液晶空間光変調素子としては、光書き込み型、熱書き込み型、電気書き込み型、CCD書き込み型等の様々なタイプがある。このような空間光変調素子を使用することにより、2次元情報処理を実時間で行うことができるのである。

【0022】また、本発明による第2の光学情報処理回路の構成単位は、本発明による第1の光学情報処理回路の構成単位において、前記空間光変調素子が、一方の面から入力された情報光に応じて、他の面から照射される読出し光を変調する空間光変調素子であることを特徴とするものである。

【0023】また、本発明による第3の光学情報処理回路の構成単位は、本発明による第1の光学情報処理回路の構成単位において、前記空間光変調素子が、入力された情報光に応じて、変調された発光光を出力する空間光変調素子であることを特徴とするものである。

【0024】さらに、本発明による第4の光学情報処理回路の構成単位は、本発明による第1、第2または第3の光学情報処理回路の構成単位において、前記重み付け手段が前記重みを切り換える切換手段を有することを特徴とするものである。

【0025】さらに、本発明による第5の光学情報処理回路の構成単位は、本発明による第1、第2、第3または第4の光学情報処理回路の構成単位において、前記重み付け出力手段が、異なる複数の光に対してそれぞれ異なる重み付けをする重み付け手段であることを特徴とするものである。

【0026】さらに、本発明による第1の光学情報処理回路は上述した光学情報処理回路の構成単位からなり、該複数の構成単位が、該複数の構成単位のうち1つの構成単位より出力された情報光を順次他の1つ以上の構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とするものである。

【0027】また、本発明による第6の光学情報処理回路の構成単位は、入力された情報光に応じて、該情報光を変調して出力する第1の空間光変調素子と、上述した

光学情報処理回路の構成単位における重み付け出力手段と、入力された情報光に応じて、該情報光を変調して出力する第2の空間光変調素子と、該第2の空間光変調素子により出力された前記情報光を前記第1の空間光変調素子に再度入力する情報光再入力手段とからなることを特徴とするものである。

【0028】また、本発明による第2の光学情報処理回路は、少なくとも1つの本発明による第1、第2または第3の光学情報処理回路の構成単位と、少なくとも1つの本発明による第6の光学情報処理回路の構成単位とからなり、これらの構成単位がこれらの構成単位のうちの1つの構成単位より出力された情報光を順次他の1つ以上の構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とするものである。

【0029】さらに、本発明による第3の光学情報処理回路は、複数の本発明による第4の前記光学情報処理回路の構成単位からなり、該複数の構成単位が、該複数の構成単位のうち1つの構成単位より出力された情報光を順次他の1つの構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とするものである。

【0030】さらに、本発明による第1の光学情報処理回路の情報伝達方法は、本発明による第3の光学情報処理回路を用いるものであり、所定の情報光を本発明による第3の光学情報処理回路における前記空間光変調素子に入力し、該空間光変調素子より該入力された情報光を第1の情報光として出力し、該出力された第1の情報光を前記重み付け手段により重み付けをして第1の重み付き情報光として出力し、該出力された第1の重み付き情報光を他の前記空間光変調素子に入力し、その後、前記重み付け手段の重みを切り換え、かつ前記他の空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更し、前記出力された第1の情報光を前記重みが切り換えられた重み付け手段により重み付けをして第2の重み付き情報光として出力させ、該出力された第2の重み付き情報光を前記入力特性が必要に応じて変更された前記他の空間光変調素子に入力することを特徴とするものである。

【0031】また、本発明による第4の光学情報処理回路は、本発明による第1、第2または第3の前記光学情報処理回路の構成単位の2つの単位より出力された情報光が他の1つの単位の前記構成単位に入力されるように前記各構成単位を結合させたことを特徴とするものである。

【0032】また、本発明による第2の光学情報処理回路の情報伝達方法は、本発明による第4の光学情報処理回路を用いるものであり、本発明による第4の光学情報処理回路における前記2つの単位の前記光学情報処理回路の構成単位のうち、第1の構成単位に所定の情報光を入力し、該情報光に重み付けをして第1の重み付き情報光として出力し、該第1の重み付き情報光を前記他の1つの単位の構成単位に入力して該構成単位における前記

空間光変調素子に入力し、該入力後、前記他の1つの単位の構成単位における空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更し、前記2つの単位の光学情報処理回路の構成単位のうち、第2の構成単位に前記所定の情報光を入力し、該情報光に重み付けをして第2の重み付き情報光として出力し、該第2の重み付き情報光を前記入力特性が必要に応じて変更された前記空間光変調素子に入力することを特徴とするものである。

【0033】さらに、本発明による第5の光学情報処理回路は、本発明による第5の前記光学情報処理回路の構成単位からなり、該複数の構成単位が、該複数の構成単位のうち1つの構成単位より出力された情報光を順次他の1つの構成単位の入力とするように結合されたことを特徴とするものである。

【0034】また、本発明による第3の光学情報処理回路の情報伝達方法は、本発明による第5の光学情報処理回路を用いるものであり、所定の情報光を本発明による第5の光学情報処理回路における前記空間光変調素子に入力し、該空間光変調素子により変調された情報光を所定の光により出力させ、該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けして第1の重み付き情報光として出力し、該出力された第1の重み付き情報光を他の空間光変調素子に入力し、その後、該他の空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更し、前記所定の情報光が入力された空間光変調素子より該所定の情報光を前記所定の光とは異なる光により出力させ、該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けて第2の重み付き情報光として出力し、該出力された第2の重み付き情報光を前記入力特性が必要に応じて変更された前記他の空間光変調素子に入力することを特徴とするものである。

【0035】また、本発明による第6の光学情報処理回路の情報伝達方法は、本発明による第5の光学情報処理回路を用いるものであり、所定の情報光を本発明による第5の光学情報処理回路における前記空間光変調素子に入力し、該空間光変調素子により変調された情報光を所定の光により出力させ、該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けして第1の重み付き情報光として出力し、同時に、前記所定の情報光が入力された空間光変調素子より該所定の情報光を前記所定の光とは異なる光により出力させ、該出力された情報光を前記重み付け手段により重み付けして第2の重み付き情報光として出力し、該出力された第1の重み付き情報光と第2の重み付き情報光とを、必要に応じて前記所定の光と前記所定の光とは異なる光とは異なる入力特性を有する他の空間光変調素子に同時に入力することを特徴とするものである。

【0036】

【作用】本発明による第1の光学情報処理回路の構成単位は、空間光変調素子と、この空間光変調素子により変調された情報光に重み付けをする重み付け手段とからなる

るものである。

【0037】これにより、本発明による光学情報処理回路の構成単位は、空間光変調素子のある1点における情報を、他の空間光変調素子の対応する1点およびその近傍の複数の点へ伝達するという局所結合による情報伝達を行うので、この構成単位を多数結合させた場合にも、各構成単位間を結合する結線を多数必要とすることなく、実時間で情報処理を行うことができ、さらには、処理系を小型化することができる。

【0038】また、この構成単位を2つの構成単位より出力された情報光が他の1つの単位の構成単位に入力されるように結合し、2つの構成単位のうち、第1の構成単位に所定の情報光（情報を有する光）を入力し、この情報光に重み付けをして第1の重み付き情報光として出力し、この第1の重み付き情報光を他の構成単位に入力した後、この他の構成単位における空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更し、前述した2つの構成単位のうち、第2の構成単位に所定の情報光を入力し、この情報光に第1の情報光とは異なる重み付けをして第2の重み付き情報光として出力し、この第2の重み付き情報光を入力特性が必要に応じて変更された空間光変調素子に入力するようにすれば、複数種類の信号の伝達を行うことができる。

【0039】また、他の構成単位における空間光変調素子を、第1の重み付き情報光と第2の重み付き情報光とは異なる入力特性を有する空間光変調素子とし、第1、第2の重み付き情報光を同時に他の構成単位における空間光変調素子へ伝達するようにしてもよい。

【0040】また、本発明による第2の光学情報処理回路の構成単位は、本発明による第1の光学情報処理回路の構成単位における空間光変調素子を、一方の面から入力された情報光に応じて、他の面から照射される読出し光を変調する空間光変調素子としたものである。このため、この構成単位を多数結合させた場合にも、読出し光は空間光変調素子毎に照射され情報光を減衰させることなく、さらには、増幅して伝達することができる。

【0041】さらに、本発明による第3の光学ニューラルネットワークの構成単位は、本発明による第1の光学情報処理回路の構成単位における空間光変調素子を、入力された情報光に応じて変調された発光光を出力する空間光変調素子としたものである。このため、情報光を読み出すための読出し光を発する光源を設ける必要がなくなり、空間光変調素子自らの発光により情報光を伝達することができる。

【0042】さらに、本発明による第4の光学情報処理回路の構成単位は、前述した重み付け手段に、重みを切り換える切換手段を設けたものである。このため、この構成単位を複数結合し、上述した本発明による第3の光学情報処理回路の情報伝達方法のように、1つの重みによりある信号を重み付けし、他の重みにより他の信号を

重み付けをして情報光を伝達すれば、1つの構成単位で複数の信号の伝達を行うことができる。

【0043】また、本発明による第5の光学情報処理回路の構成単位は、本発明による第1、第2、第3または第4の光学情報処理回路の構成単位における重み付け手段を、異なる複数の光に対してそれぞれ異なる重み付けをする重み付け手段としたものである。このため、この光学情報処理回路の構成単位を複数結合して情報処理回路を構成し、前述した本発明による第5の光学情報処理回路の情報伝達方法のようにして、情報光を伝達させれば、1つの構成単位で複数の信号の伝達を行うことができる。

【0044】さらに、本発明による第6の光学情報処理回路の構成単位は、一方の面から入力された情報光に応じて、他の面から照射される読出し光を変調する第1の空間光変調素子と、本発明による第1、第2または第3の光学情報処理回路の構成単位における重み付け手段と、前述した第1の空間光変調素子と同種の第2の空間光変調素子と、この第2の空間光変調素子により変調された情報光を第1の空間光変調素子に再度入力する情報光再入力手段とからなるものである。この光学情報処理回路の構成単位と本発明による第1、第2または第3の光学情報処理回路の構成単位とを組み合わせることで情報処理回路を構成すれば、1つの構成単位より出力された情報光を再度この構成単位に入力し、この構成単位において行われる重み付けを必要な回数繰り返し行うことができるため、例えば、入力された情報光に対して協調、競合等の処理を行うことができる。

【0045】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。

【0046】図1は本発明の実施例に用いる空間光変調素子を表す概略図である。

【0047】図1に示すように本発明の実施例は空間光変調素子としてLCLV(Liquid Crystal Light Valve)1を使用するものである。LCLV1は一方の面から情報光（情報を有する光）が入力されることによりこの情報光が入力され、他の面から読み出し光が照射されることにより入力された情報に応じて読出し光を変調して出力するタイプの空間光変調素子であり、液晶層2と、フォトリフラクティブ結晶等の光伝導体3と、入力された光を反射する反射膜4と、透明電極5、6とが層状に構成されており、透明電極5、6から直流電圧が印加されてなるものである。また、LCLV1は情報光が入力されるW(write)側と情報光が出力されるR(read)側とに分けられる。このようなタイプのLCLVは光を外部より供給することができるため、LCLV自体が増幅機能を有さない場合であっても各構成単位を多数接続することができる。このLCLV1の透明電極5側より光が照射されると、液晶層2に電圧が印加され（正確には光が

## 11

照射された部分と照射されない部分との印加電圧に差が生じる)、液晶の配向状態が変化する。この状態において液晶層2は、光が照射された部分が黒く変化している。すなわち、光のパターンがLC LV1の液晶層2に分極のパターンとして入力されるものである。したがって、LC LV1に2次元画像等の情報光をW側より入力すると、この情報を直接入力することができ、R側より読出し光を照射することによって、この情報光を明暗のパターンとして出力することができるものである。このLC LV1に一旦情報光が入力されるとしばらくの間は消えないため、この情報を消去したい場合は、LC LV1に印加されている電圧の電位を反転することで入力特性を反転し、一様な光を照射することにより一旦入力された画像を消去することができる。

【0048】次いでこのLC LVを用いた光学情報処理回路のうち、光学ニューラルネットワークについて説明する。

【0049】図2は本発明の第1実施例による光学ニューラルネットワークの構成単位を表す図である。

【0050】図2に示すように、本発明の第1実施例による光学ニューラルネットワークの構成単位は、前述したLC LV1および情報光の重み付けと反射を行なうマスクWとレンズLとからなる重み付け出力手段12からなるものである。LC LV1のW側より入力された情報光I0はこのLC LV1に一旦入力され、R側より読出し光Hが照射されることにより入力された情報光I0に応じて読出し光Hが変調されて出力されレンズ12を通りマスクWにより重み付けされかつ反射されて、重み付き情報光I'として出力されるものである。

【0051】このような光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合して光学ニューラルネットワークを構成した状態を図3に示す。

【0052】図3に示すように光学ニューラルネットワーク20は3つの構成単位が対向するように結合されており、各構成単位の重み付け出力手段において情報光を反射して折り返してこの情報光を次段の構成単位に伝達するようにしたものである。このように各構成単位を対向配置することにより、ニューラルネットワークをコンパクトに構成することができ、また構成単位を配置する際の精度を向上させることができる。

【0053】まず情報光I0が第1の光学ニューラルネットワークの構成単位におけるLC LV21のW側に入力され入力される。次いでLC LV21のR側に読出し/書込み光H1が照射されLC LV21に入力されている情報光に応じて読出し/書込み光H1が変調され情報光が読み出される。この読み出された情報光I1がレンズL1と重みマスクW1とからなる重み付け出力手段25により重み付けされかつ反射される。この重み付けがなされた情報光I1'は第2の光学ニューラルネットワークの構成単位におけるLC LV22のW側に入力され入力され

## 12

る。この際、LC LV21のある1点からLC LV22への情報光の伝達が、LC LV21のある1点と対応するLC LV22上のある1点の近傍にのみ情報光を伝達するという局所結合型の伝達となるようにレンズL1やLC LV21,22は配置されている。次にLC LV22のR側より読出し/書込み光H2が照射されLC LV22に入力されている情報光に応じて読出し/書込み光H2が変調されて情報光が読み出され、この読み出された情報光I2はレンズL2と重み付けマスクW2とからなる重み付け出力手段26により、重み付けマスクW1とは異なる重み付けがなされ反射される。この重み付けがなされた情報光I2'は第3の光学ニューラルネットワークの構成単位におけるLC LV23に入力され、読出し/書込み光H3により読み出されレンズL3と重み付けマスクW3とからなる重み付け出力手段27により重み付けがなされて出力用LC LV24に入力され入力される。このLC LV24に入力された情報光I3'は、LC LV24のR側より読出し光R1が照射されることにより読み出され、最終的に処理がなされた情報光O1が出力される。

【0054】このようにして情報光の処理が終了した後、光学ニューラルネットワーク20の各LC LVの電位が反転されることにより入力特性が反転され、各LC LVに一樣な光が照射され、各LC LVに入力されている情報光が消去される。

【0055】このニューラルネットワーク20においては各LC LVが一つのニューロン層であり、各層のいかなる点においても結合重みは共通であるという、空間不変(スペースインバリエント)な重み結合を各層間において実現することができるのである。

【0056】次に、第1の空間光変調素子、重み付け出力手段、第2の空間光変調素子および第2の空間光変調素子により変調して出力された情報光を第1の空間光変調素子に再度入力する情報光再入力手段からなる光学ニューラルネットワークの構成単位を有する光学ニューラルネットワークについて説明する。

【0057】図4は上述した情報光再入力手段を有する光学ニューラルネットワークの構成単位と図2に示した光学ニューラルネットワークの構成単位とを複数結合して光学ニューラルネットワークを構成した状態を表す図である。なお、図4に示す光学ニューラルネットワークは図3に示す光学ニューラルネットワークの構成と略同一であるため、図3に示す光学ニューラルネットワークの構成と同一の部分には図の番号に「'」を付すこととし、詳細な説明は省略する。

【0058】図4に示す光学ニューラルネットワークは、情報光再入力手段としてハーフミラーM1、M2およびレンズL4、L5を有するものである。

【0059】光学ニューラルネットワーク20'に入力された情報光I0'は、前述した光学ニューラルネットワークと同様に各構成単位により重み付けされて、LC L



13

V23' に伝達される。LCLV23' にまで伝達された情報光 I 2' は LCLV23' の W 側に入力され入力される。次いでハーフミラー M 2 とレンズ L 5 とを介して読出し/再帰書込み光 H 4 が LCLV23' に照射され、LCLV23' に入力されている情報光 I 2' に応じて読出し/再帰書込み光 H 4 が変調され情報光 I 2' が読み出される。この読み出された情報光 H 4' はレンズ L 4 を介してハーフミラー M 1 により反射され、LCLV23' より前段にある LCLV22' の W 側に再度入力され、入力される。この際、LCLV21' より LCLV22' に伝達され入力されている情報光 I 1' は LCLV22' の電位を反転し入力特性を反転した状態で一般的な光を照射することにより消去されている。

【0060】LCLV22' に再度入力され入力された情報光 H 4' は、LCLV22' の R 側より読出し/書込み光 H 2' が照射され、LCLV22' に入力されている情報光 H 4' に応じて読出し/書込み光 H 2' が変調されて情報光 H 4' が読み出される。読み出された情報光 H 4' はレンズ L 2' と重みマスク W 2' とからなる重み付け出力手段により再度重み付けがなされ反射されて LCLV23' の W 側に入力され入力される。この際においても、LCLV23' に入力されていた情報光 I 2' は消去されているため、LCLV23' には新たに情報光が入力されることとなる。以上の処理を繰り返すことにより LCLV22' に入力された情報光 I 1' に対して重みマスク W 2' による重み付けを繰り返し行うことができる。

【0061】上述した処理を必要な回数行った後、ハーフミラー M 1 とレンズ L 4 とを介して LCLV23' の R 側より読出し/書込み光 H 5 が照射され、LCLV23' に入力されている情報光 I 2' に応じて読出し/書込み光 H 5 が変調され情報光 I 3' が読み出される。この読み出された情報光 I 3' は、レンズ L 5 を介してハーフミラー M 2 により反射され、出力用 LCLV24' に入力され、入力される。LCLV24' に入力された情報光 I 3' は、図 3 に示した光学ニューラルネットワークと同様に読み出され、最終的に処理がなされた情報光 O 1' が出力される。

【0062】また、上述した情報光再入力手段を有する光学ニューラルネットワークの構成としては、図 4 に示すものの他、図 5 に示すような構成も挙げられる。

【0063】図 5 に示す光学ニューラルネットワーク 30 は、LCLV31、33 を同一平面 41 上に配し、重み付け出力手段 32 を平面 41 を取り囲む円柱面 41 上に配し、かつ重み付け出力手段 34 と情報光再入力手段であるミラー 35 とを円柱面 41 上の重み付け出力手段 32 と略対向する位置に配したものである。

【0064】LCLV31 に入力された情報光は、この LCLV31 に読出し/書込み光 H 6 が照射されることにより読み出され、重み付け出力手段 32 により重み付けかつ

14

反射され LCLV33 に入力される。次いで読出し/再帰書込み光 H 7 が光学ニューラルネットワーク 30 に入力され、LCLV33 に照射され、LCLV33 に入力されている情報に応じて変調され、この情報光を出力する。出力された情報光はミラー 35 により反射されて再度 LCLV31 に入力され入力される。以上の処理を図 4 に示す光学ニューラルネットワークと同様に繰り返して行えば、重み付け出力手段 32 による重み付けを繰り返すことができる。

10 【0065】上述した処理を必要な回数行った後、読出し/書込み光 H 8 が LCLV33 に照射され、LCLV33 に入力されている情報に応じて変調され、情報光が読み出される。読み出された情報光は、重み付け出力手段 34 により重み付けがなされ、最終的な処理がなされた情報光 O 2' として出力される。この際、読出し/再帰書込み光 H 7 と読出し/書込み光 H 8 とはクロスするように LCLV33 に照射されそれぞれミラー 35、重み付け出力手段 34 へと伝達されるため、読出し/再帰書込み光 H 7 と読出し/書込み光 H 8 とが重なり合うことはない。

20 【0066】情報光再入力手段を有する光学ニューラルネットワークの構成単位を図 5 に示すような光学ニューラルネットワーク 30 として構成すれば、図 4 に示す光学ニューラルネットワーク 20' と比較して、繰り返し重み付けがなされた情報光に対して直ちに重み付けができるため、光学ニューラルネットワーク 20' に設けられている繰り返し重み付けがなされた情報光を一旦入力しておく LCLV24' が不要となり、構成を簡略化できる。

30 【0067】上述した実施例においては、LCLV と重み付け出力手段等を対向配置させた光学ニューラルネットワークについて説明したが、本発明による光学ニューラルネットワークの構成単位はこのような構成に限定されるものではない。例えば図 6 に示すように重み付け出力手段を透過型の重み付け出力手段とし、LCLV と重み付け出力手段とを直列に配置してニューラルネットワークを構成するようにしてもよい。

【0068】次いで上述した光学ニューラルネットワークの各構成単位間における情報の伝達単位について説明する。すなわち、本発明による光学ニューラルネットワークは正数の信号のみでなく、負数の信号をも伝達することができるものであり、以下その方法について説明する。

【0069】図 7 は本発明による情報光伝達方法を説明するための光学ニューラルネットワークを表す図である。図 7 に示すように光学ニューラルネットワーク 50 は、本発明の第 1 実施例による光学ニューラルネットワークの構成単位と LCLV52 とを結合させてなるものである。また、光学ニューラルネットワークの重み付け出力手段 53 における重みマスク W 6 は、液晶からなるものであり、重みマスクを書き換えることができるものである。ここで光学ニューラルネットワーク 50 は絶対値型の

15

微分処理を行うニューラルネットワークとし、重みマスクは図8に示すものとする。また光学ニューラルネットワーク50に入力する画像は図9に示すように明暗の画像56とする。

【0070】最初に、重みマスクW6には図8(a)に示すマスク55aを表示しておく。まず、画像56を情報光I5としてLCLV51のW側に入力し、入力する。次いでLCLV51のR側より読出し/書き込み光H9が照射され、この読出し/書き込み光H9がLCLV51に入力されている情報光I5に応じて変調され情報光I5'が読み出される。読み出された情報光I5'は重み付け出力手段53のレンズL6を介して、マスク55aが表示されている重みマスクW6により図10(a)に示すような重み付けがなされ、画像61の正成分の情報光I6としてLCLV52のW側に入力され入力される。

【0071】情報光I6の入力後、重みマスクW6の表示を図8(a)に示すマスク55aから図8(b)に示すマスク55bに書き換えると同時にLCLV52の電位を反転させ入力状態を反転させる。LCLVに入力された画像は、LCLVの電位を反転しても分極状態は保持されるため、光が照射されない限り情報光I6は消去されることなく、情報光I6が入力されたままの状態となっている。

【0072】次いで読出し/書き込み光H9がLCLV51のR側より再度照射され、情報光I5'が読み出される。読み出された情報光I5'は重み付け出力手段53のレンズL6を介してマスク55bが表示されている重みマスクW6により図10(b)に示すような重み付けがなされる。このように重み付けされた情報光I5'は情報光I7として電位が反転され入力状態が反転されたLCLV55のW側に入力され、情報光6に重ねて入力される。この際、LCLV52は電位が反転されているため、光が照射した部分は通常とは反対方向に分極が起こる。このため、情報光I6が入力されていた部分にさらに重ねて情報光I7が書き込まれると、情報光I7は入力されていた情報光I6を消去することになる。その結果、LCLV52には図10(c)に示すように明暗の境界部分のみが抽出された情報光、すなわち、絶対値型の微分処理がなされた情報光が入力される。

【0073】次いで読出し/書き込み光H10がLCLV55のR側より照射され、変調されて、微分処理がなされた情報光O3として出力がなされる。

【0074】上述した実施例においては重み付け出力手段における重みマスクを切換可能にして情報光の正の成分と負の成分とをそれぞれ重み付けるようにしたが、とくに重みマスクを切換可能とする必要はない。例えば図11に示すように2つの光学ニューラルネットワークの構成単位から出力された情報光が1つの構成単位に入力されるように各構成単位を結合して光学ニューラルネットワークを構成し、2つの構成単位のうちの1つの構成単

16

位における重み付け出力手段64の重みマスクW7を図8(a)に示すマスク55a、他の1つの構成単位における重み付け出力手段65の重みマスクW8を図8(b)に示すマスク55bとする。また、LCLV61, 62に入力されている情報光は図9に示すような明暗の情報光56とする。LCLV61より出力された情報光I8は重みマスクW7により重み付けがなされ、情報光I8'としてレンズL7およびビームスプリッタ70を通してLCLV63のW側よりこのLCLV63に入力され、入力される。次いでLCLV63の電位を反転し入力状態を反転させ、その後LCLV62より情報光I9を出力させる。出力された情報光I9は重みマスクW8により重み付けがなされ情報光I9'としてレンズL8およびビームスプリッタ70により反射されてLCLV63のW側よりこのLCLV63に入力され、入力される。光学ニューラルネットワーク60に対して上述したように情報光を伝達すれば、LCLV63には、図10(c)に示すように明暗の境界部分のみが抽出された情報光、すなわち、絶対値型の微分処理がなされた情報光が入力される。

【0075】また、別の例として、図7に示す光学ニューラルネットワーク50における重み付け出力手段53の重みマスクW6を、異なる波長の光に対しそれぞれ異なる重み付けをするようなマスクとしてもよい。例えば重みマスクW6に図8(a)に示すマスク55aを赤フィルタで、マスク55bを青フィルタでそれぞれ表示しておき、また、読出し/書き込み光H9を赤色光としてLCLV51に入力されている情報光I5を読み出し、重み付け出力手段53により重み付けしてLCLV52に入力する。その後、LCLV52の電位を反転し入力状態を反転し、読出し/書き込み光H9を青色光としてLCLV51に入力されている情報光I5を読み出し、重み付け出力手段53により重み付けをしてLCLV52に入力する。赤色光により読み出されたI5は重みマスクW6の赤色フィルタの部分で重み付けがなされるため、図9に示すような情報光は図10(a)に示すような情報光I6に変換される。また、青色光により読み出されたI5は重みマスクW6の青色フィルタの部分で重み付けがなされるため、図10(b)に示すような情報光I7に変換される。したがって、情報光I6と情報光I7とが重ねて入力されたLCLV52には、図10(c)に示すように明暗の境界部分のみが抽出された情報光、すなわち、絶対値型の微分処理がなされた情報光が入力される。

【0076】また、この際、空間光変調素子を青色光と赤色光とでは入力特性が異なる空間光変調素子とし、青色光、赤色光を同時に伝達するようにしてもよい。このように、異なる情報光を同時に伝達することにより、演算時間が短縮されるため、より好ましい。

【0077】さらに、異なる光に対しそれぞれ異なる重み付けをするようなマスクとしては、上述した赤フィルタ、青フィルタのみでなくそれぞれ異なる偏光がなされ

た光を偏光板を用いて分離し、それぞれ正の信号、負の信号を伝達するようにしてもよい。

【0078】なお、空間光変調素子としては、上述したLCLV以外にも、例えば浜松ホトニクス製MSLM (Micro channel Spatial Light Modulator)等いかなる空間光変調素子を用いるようにしてもよい。

【0079】上述した実施例においては、重みマスクを絶対値型の微分処理を行うためのマスクとしているが、例えば重みマスクを、図12に示すようなマスクとし、マスク70aにより情報光の正の成分を、マスク70bにより情報光の負の正分をそれぞれ重み付けるようにすれば、情報光に含まれる物体のエッジを抽出することが可能となる。さらに、これらのマスクに限らず、ニューラルネットワークで行う処理に応じて任意のマスクを使用することができる。

【0080】また、上述した実施例においては、空間光変調素子として、入力された情報光を一旦入力し、入力された情報に応じて別に入力された光を変調して出力する空間光変調素子を用いているが、空間光変調素子はこのタイプのものには限定されない。例えば、図13で示されるような光学ニューロン素子を2次元に複数配列させて空間光変調素子を構成し、入力された情報を直ちに読み出し光で読み出すようにしてもよい。以下、図13に示した光学ニューロン素子を用いた実施例について説明する。

【0081】図13に示すように、光学ニューロン素子71は、正負信号分離フィルタ72、受光素子ペア73および演算素子からなる光電演算素子78と、透明電極79a、79bにより挟まれた反射型液晶80からなる反射型の光変調素子81とこの光変調素子81に入力される光、および反射された光を偏光する偏光子82とからなるものである。

【0082】光学ニューロン素子71に正と負の情報光をそれぞれ青色光、赤色光で表した光信号83が同時に照射されると、受光分離素子74の正負信号分離フィルタ72の青フィルタ72a、赤フィルタ72bにより、正負の情報光がそれぞれ分離される。分離された各情報光はそれぞれ受光素子73a、73bにより受光され、正の情報光を表す電気信号75a、負の情報光を表す電気信号75bとして出力される。出力された電気信号75a、75bは演算素子76により加減算、また非線形処理がなされ、これにより演算結果に対応する電気信号77が出力され、この電気信号77に応じて光変調素子81が変調される。このように変調された光変調素子81に白色光等の読出し光84が照射されると、読出し光84は偏光子82により偏光され、偏光された読出し光84は光変調素子81により反射変調され再度偏光子82により偏光され情報光85として出力される。

【0083】このような機能を有する光学ニューロン素子71を1次元または2次元状に複数配置して、各光学ニューロン素子より出力される光により構成される情報光を出力とする空間光変調素子を構成し、この空間光変調

素子とこの空間光変調素子により変調された情報光に重み付けをし、重み付けされた情報光を出力する重み付け手段とからなる光学ニューラルネットワークの構成単位を構成し、これらを複数結合して光学ニューラルネットワークを構成することができる。

【0084】図14は上述した光学ニューロン素子71を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位の1実施例を表す図である。

【0085】図14に示すように、上述した光学ニューロン素子71を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位は、前述した光学ニューロン素子71を2次元状に複数結合してなる光学ニューロン層86および重みマスクWとレンズLとからなる重み付け手段87とからなるものである。なお、光学ニューロン層86は図面に向かって右側に受光分離素子を向けるように配置される。正の情報光を青色光で、負の情報光を赤色光でそれぞれ表した情報光Iは光学ニューロン層86のW側より光学ニューロン層86に照射される。照射された情報光Iは光学ニューロン層86を構成する各光学ニューロン素子により前述した演算処理がなされ、各光学ニューロン素子に入力される情報光に応じて各光学ニューロン素子における光変調素子が変調される。その後光学ニューロン層86のR側より白色光等の書込み/読出し光Hが照射される。照射された書込み/読出し光Hは、光学ニューロン層86を構成する各光学ニューロン素子の光変調素子により反射変調され、情報光I'として出力される。出力された情報光I'はレンズLを通り重みマスクWにより重み付けされて、重み付け情報光I''として出力されるものである。なお、重みマスクWは、所望とする重み付けをすることができるように青フィルタと赤フィルタとで構成されてなるものであり、本実施例においては反射型の重みマスクとする。

【0086】このような光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合すれば前述した情報光の入力を行う実施例と同様にニューラルネットワークを構成することができる。例えば図15に示すように重み付け出力手段を透過型の重み付け出力手段とし、光学ニューロン層と重み付け出力手段とを直列に配置してニューラルネットワークを構成するようにしてもよい。

【0087】さらに、上述した実施例においては、図16に示されるような発光型の光学ニューロン素子を2次元に複数配列させて空間光変調素子を構成し、入力された情報光に応じて変調された情報光を発光光により伝達するようにしてもよい。以下、図16に示した光学ニューロン素子を用いた実施例について説明する。

【0088】図16に示すように、光学ニューロン素子101の光電演算素子78を構成する正負信号分離フィルタ72、受光素子ペア73および演算素子76については、図13に示した本発明の実施例における光学ニューロン素子の構成と同一であるため、詳しい説明は省略する。本実施

例による光学ニューロン素子101はこの光電演算素子78と、この光電演算素子78から出力された演算結果に対応する電気信号に応じた強度で発光する発光素子102とからなるものである。

【0089】光学ニューロン素子101に正と負の情報をそれぞれ青色光、赤色光で表した光信号83が同時に照射されると、受光分離素子74の正負信号分離フィルタ72の青フィルタ72a、赤フィルタ72bにより、正負の情報光がそれぞれ分離される。分離された各情報光はそれぞれ受光素子73a、73bにより受光され、正の情報光を表す電気信号75a、負の情報光を表す電気信号75bとして出力される。出力された電気信号75a、75bは演算素子76により加減算、また非線形処理がなされ、これにより演算結果に対応する電気信号77が出力され、この電気信号77に応じた強度で発光素子102が発光する。この発光素子102による発光光が情報光104として出力される。

【0090】このような機能を有する光学ニューロン素子101を1次元または2次元状に複数配置して、各光学ニューロン素子より出力される光により構成される情報光を出力とする光学ニューロン層を構成し、この光学ニューロン層とこの光学ニューロン層により変調して出力された情報光に重み付けをし、重み付けされた情報光を出力する重み付け手段とからなる光学ニューラルネットワークの構成単位を構成し、これらを複数結合して光学ニューラルネットワークを構成することができる。

【0091】図17は上述した光学ニューロン素子101を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位の1実施例を表す図である。

【0092】図17に示すように、上述した光学ニューロン素子101を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位は、前述した光学ニューロン素子101を2次元状に複数結合してなる光学ニューロン層105および重みマスクWとレンズLとからなる重み付け出力手段106とからなるものである。なお、光学ニューロン層105は図面に向かって右側に受光分離素子を向けるように配置される。正の情報を青色光で、負の情報を赤色光でそれぞれ表した情報光Iは光学ニューロン層105のW側より光学ニューロン層105に照射される。照射された情報光Iは光学ニューロン層105を構成する各光学ニューロン素子101により前述した演算処理がなされ、各光学ニューロン素子における発光素子が発光する。この発光光は情報光I'として出力され、出力された情報光I'はレンズLを通り重みマスクWにより重み付けされて、重み付け情報光I''として出力されるものである。なお、重みマスクWは、所望とする重み付けをすることができるように青フィルタと赤フィルタとで構成されてなるものである。

【0093】このような光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合して光学ニューラルネットワークを

構成した状態を図18に示す。

【0094】図18に示すように光学ニューラルネットワーク110は2つの構成単位が直列に並ぶように結合されており、各構成単位の重み付け出力手段において情報光を重み付けしてこの情報光を次段の構成単位に伝達するようにしたものである。

【0095】このように光学ニューラルネットワークを構成することにより読出し光を用いることなく情報光の伝達を行うことができ、よりコンパクトにニューラルネットワークを構成することができる。

【0096】また、上記実施例においては光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合して光学ニューラルネットワークを構成するようにしているが、例えば、前述した微分処理のみを行う場合は、1構成単位のみで処理を行うことができるため、複数単位結合させる必要はない。なお、この場合光学ニューラルネットワークの構成単位は1単位のみであるが、この1単位によりニューラルネットワークを構成するものとする。

【0097】また、上記実施例においては、本発明によるニューラルネットワークにより正負の2種類の情報光を伝達するようにしているが、正負の情報に限定されるものではなく、複数の情報をそれぞれ異なる波長の光で伝達するようにしてもよい。この場合、空間光変調素子は、光の波長に応じて入力特性を変更させるようするのが好ましい。

【0098】また、本発明による光学情報処理回路はニューラルネットワークのみでなく様々な情報処理を行う回路に適用できるものである。

【0099】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明による光学情報処理回路の構成単位、光学情報処理回路および情報伝達方法によれば、各空間光変調素子同志の結線を少なくすることができ、さらに空間光変調素子と重み付け出力手段とからなる構成であるため、高速並列処理が可能であり、本発明による光学情報処理回路を小型化することができる。また空間光変調素子を用い、空間光変調素子の入力特性を必要に応じて変更することにより、情報処理回路に入力された情報光の正の成分のみならず、負の成分をも伝達し入力することができ、様々な重み付けによる処理が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に用いる空間光変調素子を表す概略図

【図2】本発明の第1実施例による光学ニューラルネットワークの構成単位を表す図

【図3】光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合して光学ニューラルネットワークを構成した実施例を表す図

【図4】情報光再入力手段を有する光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合して光学ニューラルネッ

## 21

トワークを構成した実施例を表す図

【図5】情報光再入力手段を有する光学ニューラルネットワークの構成単位を複数結合して光学ニューラルネットワークを構成した別の実施例を表す図

【図6】光学ニューラルネットワークの構成単位を直列に複数結合して光学ニューラルネットワークを構成した実施例を表す図

【図7】重み付け出力手段が切替可能な重み付け出力手段である光学ニューラルネットワークの構成単位を表す図

【図8】重みマスクの実施例を表す図

【図9】明暗の情報光を表す図

【図10】明暗の情報光がそれぞれ別のマスクで重み付けされた状態を表す図

【図11】2つの光学ニューラルネットワークの構成単位から出力された情報光が1つの構成単位に入力されるように各構成単位を結合して光学ニューラルネットワークを構成した実施例を表す図

【図12】重みマスクの別の実施例を表す図

【図13】本発明による別の実施例による空間光変調素子を構成する光学ニューロン素子を表す図

【図14】本発明による別の実施例による空間光変調素子を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位を表す図

【図15】本発明による別の実施例による空間光変調素子を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位を用いた光学ニューラルネットワークを表す図

【図16】本発明のさらに別の実施例による空間光変調

## 22

素子を構成する光学ニューロン素子を表す図

【図17】本発明のさらに別の実施例による空間光変調素子を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位を表す図

【図18】本発明のさらに別の実施例による空間光変調素子を用いて構成した光学ニューラルネットワークの構成単位を用いた光学ニューラルネットワークを表す図

【図19】光ニューロコンピュータのモデルの例を表す図

10 【図20】光ニューロコンピュータのモデルの別の例を表す図

【符号の説明】

1, 21, 21', 22, 22', 23, 23', 24, 24', 31, 33, 51, 52, 61, 62, 63 空間光変調素子 (LCLV)

W, W1, W1', W2, W2', W3, W6, W7, W8 重みマスク

L, L1, L1', L2, L2', L3, L4, L5, L6, L7, L8 レンズ

12, 25, 25', 26, 26', 27, 32, 34, 53, 64, 65 重み付け出力手段

I0, I0', I5 入力情報光

H, H1, H1', H2, H2', H3, H5, H6, H8, H9, H10 読出し/書き込み光

H4, H7 読出し/再帰書き込み光

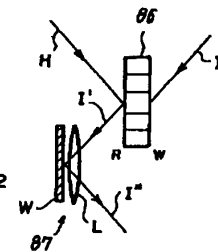
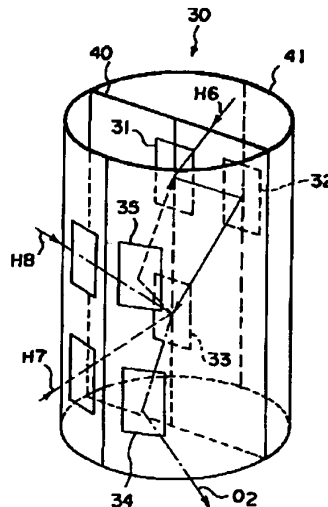
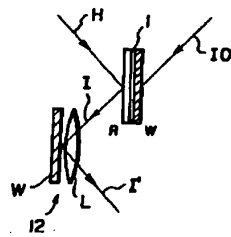
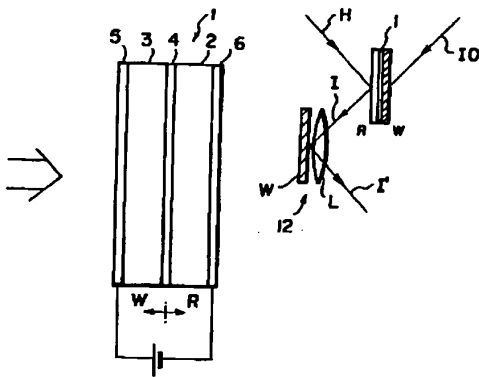
20, 20', 30, 50, 60, 110 光学ニューラルネットワーク

【図1】

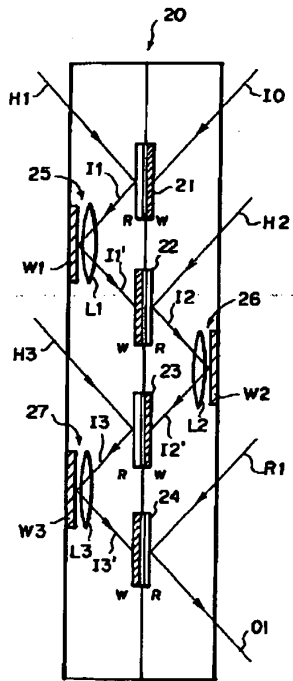
【図2】

【図5】

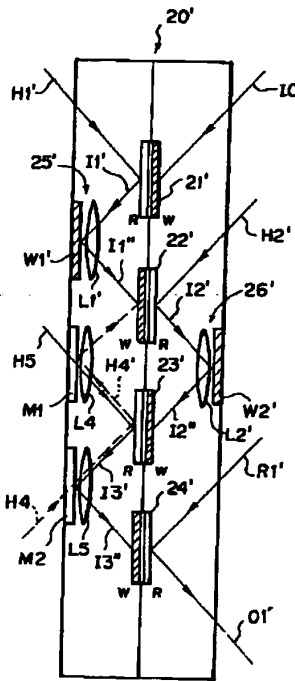
【図14】



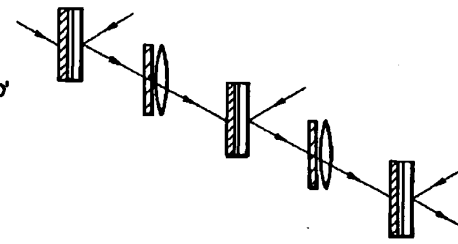
【図3】



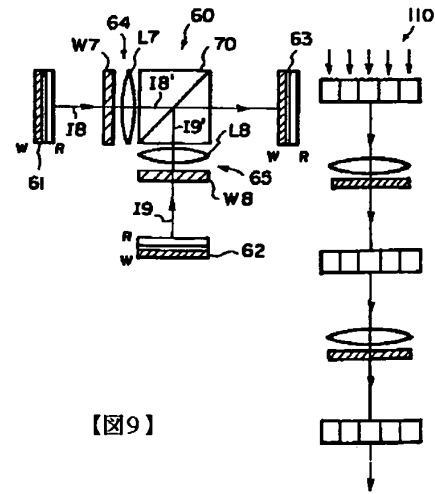
【図4】



【図6】

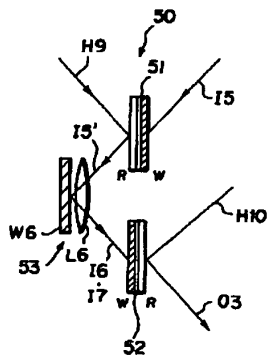


【図11】

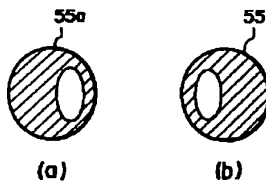


【図18】

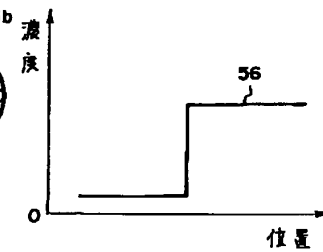
【図7】



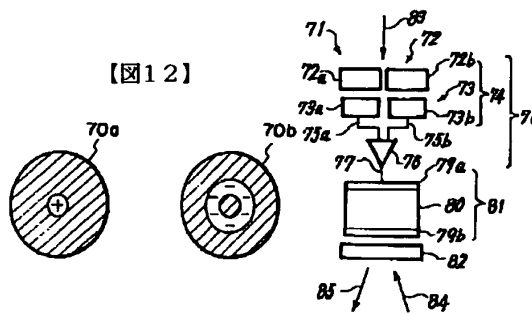
【図8】



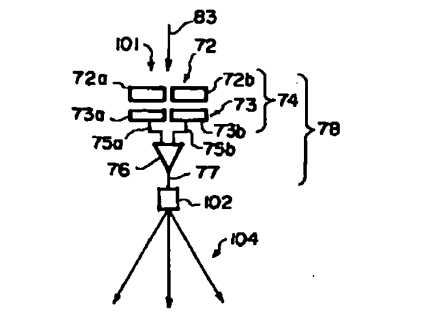
【図9】



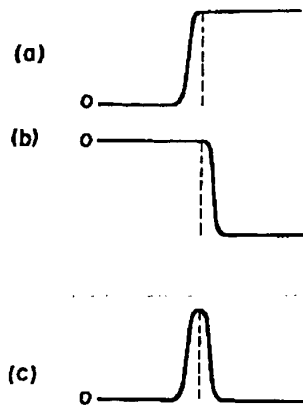
【図13】



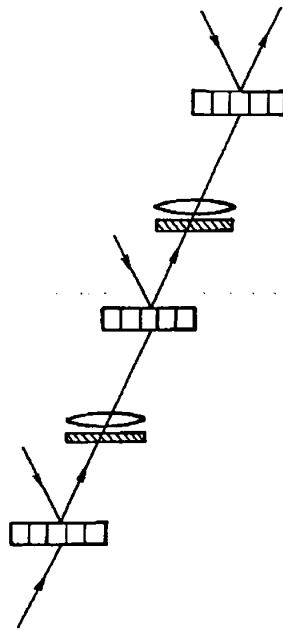
【図16】



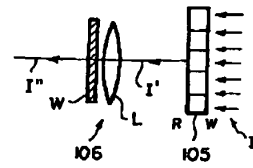
【図10】



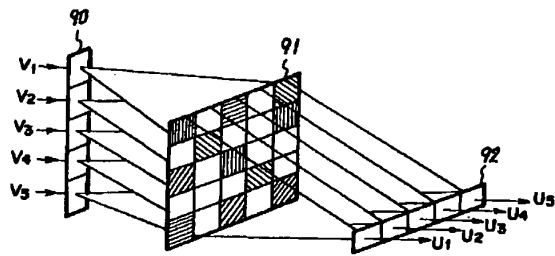
【図15】



【図17】



【図19】



【図20】

